CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL:

A CAPACITAÇÃO BRASILEIRA PARA A PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva





Ciência e Tecnologia no Brasil: a Capacitação Brasileira para a Pesquisa Científica e Tecnológica

Volume 3

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva



FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
EDITORA

ISBN 85-225-0206-4

Direitos desta edição reservados à Fundação Getulio Vargas
Praia de Botafogo, 190 — 22253-900
CP 62.591 — CEP 22252-970
Rio de Janeiro, RJ — Brasil

Documentos elaborados para o estudo de ciência política realizado pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas, para o Ministério de Ciência e Tecnologia, no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II). As opiniões expressas nestes artigos são de exclusiva responsabilidade dos autores.

1ª edição — 1996

Coordenador do projeto: Simon Schwartzman

Edição do texto: Lucia Klein

Copidesque: Maria Isabel Penna Buarque de Almeida

Editoração eletrônica: Denilza da Silva Oliveira, Eliane da Silva Torres, Jayr Ferreira Vaz e Marilza Azevedo Barboza

Revisão: Aleidis de Beltran, Marco Antonio Corrêa e Fatima Caroni

Produção gráfica: Helio Lourenço Netto

Ciência e tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica, v. 3 / Simon Schwartzman (coord.). – Rio de Janeiro: Editora Fundação Getulio Vargas, 1996.
420p.

V.1 publicado em inglês sob o título: Science and technology in Brazil: a new policy for a global world.

1. Ciência e tecnologia — Brasil. 2. Ciência e estado — Brasil. 3. Tecnologia e estado — Brasil. I. Schwartzman, Simon, 1939- I. Fundação Getulio Vargas.

CDD – 607.281

Sumário

Geociências

*Umberto G. Cordani**

1. Introdução

Este trabalho visa apresentar uma avaliação qualitativa da área de geociências no Brasil a partir de nossa experiência, nas duas últimas décadas, como assessor de vários órgãos de fomento à pesquisa, entre eles o CNPq, a Capes, a Finep e a Fapesp. O estudo se baseia em dados de avaliação setorial levantados pelos comitês assessores do CNPq para as áreas de geofísica e meteorologia, geologia e oceanografia, aos quais foram acrescentados outros dados quantitativos obtidos junto ao próprio CNPq, à Divisão de Acompanhamento e Avaliação da Capes e à Coordenadoria de Geociências da Fapesp.

Foram também utilizados a série *Avaliação e Perspectivas*, elaborada nos anos 80 pelos comitês assessores do CNPq, e documentos análogos existentes na Fapesp e na Secretaria de Administração Geral do MEC, além de nossa experiência na coordenação dos trabalhos do Seminário Geologia, o Profissional e a Ciência, realizado pela Sociedade Brasileira de Geologia e apresentado no XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, em São Paulo, em dezembro de 1993.

Os dados essenciais para a avaliação qualitativa da área se compõem da relação das principais instituições existentes, seus recursos humanos, a formação de profissionais e de mestres e doutores, além de informações sobre a capacidade instalada de pesquisa e a produtividade científica.

Este estudo pretende, ainda, fornecer um esboço sobre a evolução futura da área em termos científicos e profissionais, além de conter recomendações específicas de médio e longo prazos que eventualmente possam servir de subsídio para o estabelecimento de políticas governamentais para o setor.

2. Características da área de geociências

A área de geociências cobre um espectro muito amplo de subáreas com características próprias e estado de evolução e amadurecimento diferentes, no plano nacional. O quadro indica a composição das geociências em geral, e sua divisão em cinco subáreas maiores, além de dezenas de especialidades.

---

* Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Subdivisões das geociências

Subáreas	Especialidades
Ciências geológicas	Mineralogia, petrologia, geoquímica, paleontologia, sedimentologia, geologia estrutural, geologia física, estratigrafia, geoidrologia, geocronologia, geotectônica, geologia econômica, metalogênese, geologia regional etc.
Ciências atmosféricas	Meteorologia geral, climatologia, meteorologia física, meteorologia sinótica, agrometeorologia, micrometeorologia, meteorologia dinâmica, hidrometeorologia, química da atmosfera etc.
Ciências geofísicas	Sismologia, gravidade, fluxo térmico, geomagnetismo, paleomagnetismo, sensoriamento remoto, geofísica externa, geodésia física, geodésia espacial, geodinâmica, geofísica aplicada etc.
Geografia física	Geomorfologia, biogeografia, pedologia, análise ambiental, hidrologia, geografia regional etc.
Oceanografia física	Sistemas oceânicos, química do mar, sistemas costeiros, geologia marinha, interação ar/mar etc.

Nesta classificação, as ciências geológicas abrangem o estudo da composição, estrutura e evolução da Terra, através do exame de seus minerais, rochas e fósseis. As ciências atmosféricas tratam do estudo da atmosfera terrestre e dos processos físicos que nela ocorrem. As ciências geofísicas dedicam-se ao estudo das propriedades físicas da Terra e de seus processos físicos naturais. A geografia física ocupa-se da organização dos espaços e da estruturação dos ambientes da superfície da Terra. Finalmente, a oceanografia física abrange o estudo da natureza, estrutura e dinâmica dos oceanos e dos materiais da crosta oceânica subjacente.

No Brasil, a profissão de geólogo é regulamentada, sendo controlada pelo Confea e pelos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e profissões afins. Os outros cursos formam bacharéis ou licenciados, com atuação profissional flexível e dependente da situação do mercado de trabalho.

Existe uma grande interação dos integrantes das diversas subáreas e especialidades, bem como destes com muitos outros segmentos da sociedade. A geografia e a oceanografia físicas, por exemplo, são campos de atividade que se integram em áreas maiores. A geografia física e a geografia humana complementam-se de modo coerente em um conjunto maior: geografia, que, cada vez mais, tem sido considerada como uma das ciências sociais. Por outro lado, a oceanografia física (que, nessa classificação, inclui os aspectos químicos e geológicos da oceanografia) integra-se com a chamada oceanografia biológica para o estudo mais completo do ambiente oceânico.

As ciências geológicas são consideradas, ao mesmo tempo, como ciências da natureza — em sua missão de contribuir para o conhecimento de nosso planeta, do espaço que o envolve e de sua dinâmica — e como ciências exatas, na medida em que utilizam a linguagem da matemática. Além disso, integram-se com as ciências físicas, químicas, matemáticas e com boa parte das ciências biológicas, no estudo e caracterização do ambiente em que vivemos, naquilo que, genericamente, se denominou de ecologia ou ciência ambiental. Em sua atuação profissional, os geocientistas mantêm vínculos estreitos com profissionais da área tecnológica, como engenheiros de minas, civis, agrônomos e metalúrgicos, ou da área administrativa e de planejamento, como economistas, arquitetos, administradores de empresas, além de políticos e legisladores envolvidos com políticas públicas.

A essência ambivalente de ciências naturais e exatas e seus campos de atuação caracterizam as ciências da Terra e seu objeto de estudo. Seus objetivos são:

- conhecer a natureza dos terrenos e dos processos meteorológicos, geológicos, oceanográficos e afins a elas relacionados;

- lidar com os aspectos práticos ligados à localização, avaliação e utilização adequada de recursos permanentes e não-renováveis.

No primeiro caso, incluem-se o solo, a água e o ar, cujo conhecimento e manejo são essenciais para a melhor utilização e controle do meio ambiente. O segundo abrange os bens minerais, com destaque para os combustíveis fósseis, petróleo, carvão e gás natural, que ainda constituem as fontes de energia mais importantes e tradicionais.

3. Breve histórico do desenvolvimento da pesquisa em geociências no Brasil

No Brasil, as atividades científicas na área de geociências se iniciaram praticamente no século XIX, através das numerosas expedições de cientistas e naturalistas europeus ou norte-americanos (Eschwege, Agassis, Hart etc.), cujos objetivos eram os de conhecer, observar, descrever e catalogar os materiais encontrados em suas viagens a lugares então remotos do território brasileiro. Durante e após essa fase pioneira, o governo imperial tomou algumas medidas importantes para oficializar as atividades geocientíficas, criando, de início, o Observatório Nacional (1827) e, posteriormente, a Comissão Geológica do Império (1885) e a Escola de Minas de Ouro Preto (1886). Embora as atividades geológicas então implantadas tivessem o caráter de ciência básica, com o tempo elas se deslocaram quase exclusivamente para a prospecção mineral, especialmente após a criação do Departamento Nacional da Produção Mineral, originá-

rio da Comissão Geológica do Império e de seu sucessor, o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.

Com isso, a pesquisa geocientífica básica só veio a progredir nas universidades, com a criação de departamentos de Geologia, Mineralogia, Geografia e afins nas recém-criadas faculdades de filosofia, ciências e letras, a partir da década de 30, ou nas escolas de engenharia já existentes. Nos anos 50, o desenvolvimento da pesquisa geológica ganhou um grande impulso com a implantação, através da Campanha de Formação de Geólogos (Cage), de diversos cursos de graduação em geologia, distribuídos por todo o território brasileiro e que, em poucos anos, vieram a formar os profissionais necessários para atender à forte demanda já existente no setor mineral.

No caso específico da geofísica e da meteorologia, as atividades científicas só vieram a se firmar a partir da década de 60, com a implementação da política governamental de formação de recursos humanos na pós-graduação, implantando-se nas principais universidades do país cursos com ênfase em várias especialidades, de acordo com experiências preexistentes ou com as vocações regionais detectadas. Em conseqüência, formaram-se muitos mestres e doutores que atualmente produzem, dirigem e orientam as pesquisas geocientíficas em curso nas subáreas e especialidades existentes.

De um modo geral, as atividades mais clássicas das geociências, que se implataram mais cedo no Brasil, estão relativamente amadurecidas e consolidadas. É o caso da maioria das especialidades da geologia e da geografia física, cujo desenvolvimento já completou algumas décadas. As subáreas de geofísica e de meteorologia, de implantação mais recente, se ressentem do baixo número de pesquisadores titulados, ainda insuficiente para atender adequadamente às necessidades institucionais de pesquisa. No caso da meteorologia, a situação se agrava, visto que em 1990 foi extinta a Comissão Nacional de Meteorologia (Coname), órgão interministerial que vinha coordenando as atividades no plano nacional. Desta forma, as instituições regionais existentes, como o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Inpe, o Projeto Nordeste de Meteorologia e Climatologia, e outros, nos estados de São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, se ressentem da falta de integração e coordenação nacional, e o próprio Instituto Nacional de Meteorologia (Inemet), responsável pela coleta e disseminação de informações meteorológicas para o setor produtivo, encontra-se praticamente sem pessoal para o desempenho adequado de sua missão. Finalmente, o caso da oceanografia física é muito particular, pelo reduzido número de instituições existente, em função da necessidade de contar com meios flutuantes de grande porte. Embora tenha-se acelerado nos últimos anos, seu desenvolvimento ainda está bem aquém do da oceanografia biológica, que foi implantada mais cedo.

No plano profissional, a atuação de geocientistas e técnicos da área sempre dependeu das políticas governamentais para o setor mineral e energético e, portanto, orientadas para o desenvolvimento do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), órgão do Ministério das Minas e Energia, e instituições afins. O DNPM foi criado na década de 20, mas o setor só veio a se expandir no final dos anos 60, com o Plano Mestre Decenal para o setor mineral. Nesse período, foi criada a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), como companhia estatal encarregada de executar as diretrizes emanadas do próprio DNPM, que passou à condição de órgão de planejamento. Na década de 70, o desenvolvimento do setor mineral coincidiu com um estágio de evolução econômica em que, embora mantendo sua tradicional posição de exportador de matérias-primas minerais, o país buscava gradativamente aprimorar as condições para o seu aproveitamento industrial. Nesse cenário, cresceram os investimentos governamentais no setor, e se aprimorou bastante o conhecimento do solo e subsolo brasileiros, através dos levantamentos geológicos básicos realizados pela CPRM, dos trabalhos de prospecção da Comissão Nacional de Energia Nuclear e da Nuclebrás, dos trabalhos do Projeto RadamBrasil, do DNPM, dos trabalhos de sensoriamento remoto efetuados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), dos trabalhos geofísicos que faziam parte do convênio Brasil-Canadá, e de outros empreendimentos de grande porte. Também data desse período a criação de várias empresas estatais de mineração, como a CBPM, a Metago e a Metamig, e a instalação de diversas empresas de prospecção mineral, muitas delas subsidiárias de empresas estrangeiras ou multinacionais, atuando em áreas remotas do território brasileiro.

A partir da segunda metade dos anos 70 e durante toda a década de 80, em função das sucessivas crises do petróleo e de dificuldades crônicas que afetaram a economia nacional, reduziram-se os investimentos governamentais e privados em mineração no Brasil. Paralelamente, com o objetivo de preservar seu patrimônio em termos de instituições científicas e de recursos humanos já qualificados, o país, através de suas principais agências de apoio e de fomento à pesquisa do Ministério da Ciência e Tecnologia (Finep e CNPq), executou alguns programas bem-sucedidos de implantação, consolidação e manutenção de centros de pesquisa, com destaque para o Programa Nacional de Geociências (Pronag) e o Programa de Geociências e Tecnologia Mineral do PADCT, que prossegue até hoje, com recursos provenientes do Banco Mundial.

Atualmente — excluindo as atividades ligadas ao ensino superior e à pesquisa, em instituições essencialmente governamentais — o mercado de trabalho dos profissionais ligados às ciências da Terra abrange milhares de licenciados em geografia no ensino pré-universitário, poucos meteorologistas ligados a empresas trabalhando na previsão de tempo, alguns geofísicos que atuam em empresas de prestação de serviços e alguns milhares de geólogos que atuam no setor mineral, em grandes empresas estatais como a Petrobras ou a Vale do Rio Doce, ou em empresas privadas. Em decorrência da crise que afeta o setor mineral, o mercado de trabalho está saturado, com um índice de desemprego que varia de 15 a 20%.

4. Inventário institucional da área de geociências

Nas ciências da Terra, a pesquisa básica e aplicada normalmente é realizada pelas instituições de ensino superior com cursos específicos de graduação ou de pós-graduação, cuja relação consta das tabelas 1 e 2. Existe também um sem-número de departamentos menores, em diversas universidades do país, que atuam com poucos docentes, responsáveis pelo ensino básico de disciplinas geológicas para cursos de geografia, engenharia civil, biociências etc.

O setor de mineração ligado ao Ministério das Minas e Energia é o que mais emprega profissionais das geociências, através de seu Departamento Nacional da Produção Mineral, e das três maiores estatais do setor — a Petrobras, a Vale do Rio Doce e a CPRM — que, no total, absorvem cerca de 2 mil profissionais das geociências, principalmente geólogos. Estas três grandes empresas atuam na área da cartografia geológica, para o conhecimento básico do território brasileiro, e na área da prospecção de depósitos minerais e de petróleo. Em anos recentes, acompanhando uma tendência mundial, essas empresas vêm atuando na conservação ambiental, e a CPRM, em especial, tem desenvolvido programas específicos de geologia ambiental. Outras grandes instituições estatais, como o IBGE, a Cnen e a Embrapa, também atuam subsidiariamente na área. No plano estadual, o mesmo vem ocorrendo com a CBPM, a Metago, a Mineropar, a Metamig e outras companhias ligadas ao setor mineral. Merecem menção especial, pelas suas atividades continuadas no setor, instituições técnico-científicas como o Idesp, o Cetec, a Ceplac, o Inpa, a Cesp, a Cetesb e o IPT, de São Paulo.

A maioria dessas organizações desenvolve importantes atividades de pesquisa, voltadas para as finalidades específicas de cada uma delas. É o caso da Petrobras, que conta com um dos maiores complexos, no mundo, para pesquisa e desenvolvimento do setor petrolífero, o Cenpes, onde se concentram cerca de uma centena de pesquisadores em geologia, geofísica ou oceanografia, contando com modernos equipamentos e uma estrutura de apoio plenamente satisfatória. A Petrobras cuida da formação e da especialização de seu pessoal técnico de modo altamente eficiente, firmando convênios com diversas universidades brasileiras. Com isso, ela conseguiu firmar-se como uma das mais sérias empresas do setor petrolífero, tendo desenvolvido, nos últimos 20 anos, tecnologia de ponta no difícil contexto da exploração de petróleo em águas profundas, que utiliza presentemente em *joint ventures* internacionais, como no mar do Norte, em associação com companhias norueguesas.

Existem cerca de 6.500 a 7 mil geólogos em atividade no país, dos quais a maioria (entre 2.500 e 3 mil) atuando em mineração ou em levantamentos básicos para prospecção mineral junto ao sistema DNPM-CPRM, às empresas estaduais de mineração, ou ao setor privado. Pouco mais de mil geólogos atuam no setor de petróleo, quase todos no Departamento de Exploração (Depex) da Petrobras, e cerca de 100 no Cenpes. Aproximadamente 700 a 800 geólogos dedicam-

se ao setor de geologia de engenharia, em empresas estatais ou privadas, cerca de 700 ao ensino e pesquisa nas instituições de ensino superior do país, ao passo que por volta de 500 atuam em atividades ligadas à água subterrânea e ao meio ambiente, nas organizações estatais ou em empresas privadas. Por outro lado, em virtude da retração do mercado de trabalho, aproximadamente 10% dos profissionais da área estão desempregados.

Até o presente, os poucos geofísicos que concluíram o único curso de graduação que formou bacharéis — o da USP — ainda não têm uma atuação profissional própria e definida, e permanecem vinculados a atividades acadêmicas. Por sua vez, a Petrobras classifica como geofísicos cerca de 400 profissionais vinculados tanto ao Depex quanto ao Cenpes, com formação básica em geologia. Outros geólogos, físicos, ou engenheiros de diversos tipos atuam como geofísicos em empresas privadas, ao lado de alguns poucos profissionais estrangeiros.

No caso da meteorologia, o número de formados nos diversos cursos de graduação até o presente, estimado em algumas centenas, ainda é insuficiente para atender às necessidades da subárea. A maioria dos meteorologistas trabalha em instituições de pesquisa, como o Inpe, o IAG/USP e a UFPb ou em instituições e empresas estatais, como a Embrapa, o IBGE, a Cnen, o Cetec, a Cesp, a Cetesb e outras, que empregam um certo número de meteorologistas em atividades de aplicação direta. Muitos dos profissionais que atuam na área têm formação básica em outras áreas como física, matemática, engenharia e agronomia.

Quanto à oceanografia física, o baixo número de profissionais ativos se vincula a um pequeno número de instituições governamentais de pesquisa existentes no país, e a maioria dos projetos em andamento consiste de estudos de caracterização e de impacto ambiental em ecossistemas costeiros, em estreita colaboração com pesquisadores da oceanografia biológica. Entre os maiores obstáculos para a execução de pesquisas em oceanografia física estão a existência de apenas dois navios de grande porte (N/Oc. *Prof. W. Besnard*, do IO-USP, e o N/Oc. *Atlântico Sul*, da Furg), e as dificuldades em obter os recursos necessários para operações continuadas.

Finalmente, no caso da geografia, há muitos milhares de geógrafos formados no país (bacharelado e licenciatura) pelos 155 cursos superiores existentes, trabalhando principalmente na educação pré-universitária.* Em razão da importância crescente das questões ambientais na sociedade, muitos geógrafos têm-se voltado para atividades de planejamento rural e urbano, organização do espaço e análise ambiental, em organizações governamentais, de níveis local (prefeituras municipais), regional, estadual ou federal.

* Nota do editor: destes, no entanto, só uma pequena parte se dedica à geografia física propriamente dita.

Segue-se uma caracterização sucinta de algumas das maiores instituições de ensino superior e pesquisa do país. Na impossibilidade de efetuar um levantamento completo, serão apresentadas informações sobre as instituições do sistema paulista, relativas a corpo docente e aos principais equipamentos, e sobre alguns outros centros do país que atenderam prontamente ao nosso pedido de informações, para inclusão neste trabalho.

USP

A Universidade de São Paulo é o maior conjunto acadêmico do país, com várias unidades dedicadas a atividades ligadas às ciências da Terra: o Instituto de Geociências, o Instituto Astronômico e Geofísico, o Instituto Oceanográfico, o Departamento de Geografia da FFLCH, a Escola Politécnica, a Escola de Engenharia de São Carlos, a FFCL de Ribeirão Preto e a Esalq, de Piracicaba. O Instituto Oceanográfico opera bases em Ubatuba e Cananéia, além de um navio oceanográfico, e o IAG funciona em Valinhos. Todas as unidades da USP têm história e tradição próprias e atividades continuadas ao longo de, pelo menos, algumas décadas. Segue-se uma relação dos recursos humanos e das principais facilidades operacionais existentes no IG e no IAG.

Instituto de Geociências

• Número de docentes: 69, dos quais 55 com titulação de doutor.

• Equipamentos principais: microssonda eletrônica, difração de raios X, fluorescência de raios X, absorção atômica, espectrômetros de massa, microscópio eletrônico, sensoriamento remoto (Sitim), laboratórios diversos para análises químicas, microscopia óptica, sedimentologia, hidrogeologia etc.

Instituto Astronômico e Geofísico

• Número de docentes em meteorologia e geofísica: 30, dos quais 22 com titulação de doutor.

• Equipamentos principais: gravímetros, sismógrafos, difração de raios X, fluorescência de raios X, microscópio eletrônico, magnetômetros para paleomagnetismo, espectrômetro gama, perfilador, laboratórios diversos para análises químicas, modelos reduzidos, instrumentação etc.

Unesp

A Universidade Estadual Paulista se compõe de um conjunto de escolas e institutos sediados em diversas cidades do interior paulista, reunidos como universidade há cerca de 30 anos. As atividades principais da área de ciências da Terra concentram-se no IGCE de Rio Claro, mas foram criados núcleos menores em Rio Preto, Bauru, Jaboticabal e Presidente Prudente.

Instituto de Geociências e Ciências Exatas — Rio Claro

• Número de docentes: 46, dos quais 32 com titulação de doutor.

• Equipamentos principais: espectrofotômetros, difração de raios X, fluorescência de raios X, gravímetro, sismógrafos, perfilador, sensoriamento remoto (Sitim), laboratórios diversos para análises químicas, sedimentologia, microscopia óptica etc.

Unicamp

A Universidade de Campinas, criada em fins dos anos 60, reúne diversas unidades instaladas em Campinas e arredores. O núcleo principal de atividades na área de ciências da Terra é o Instituto de Geociências, embora existam também atividades subsidiárias nos Institutos de Química e de Biociências, e na Escola de Engenharia de Limeira.

Instituto de Geociências

• Número de docentes: 35, dos quais 24 com titulação de doutor.

• Equipamentos principais: fluorescência de raios X, laboratórios de computação e processamento de dados, geoquímica analítica, microscopia óptica, inclusões fluidas e outros.

Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

• Número de docentes: 82, dos quais 34 com titulação de doutor.

• Equipamentos principais: difração de raios X, fluorescência de raios X, espectrografia óptica, absorção atômica, espectrografia de massa, laboratórios

de geoquímica isotópica e geocronologia, microscopia óptica, inclusões fluidas, sismologia, paleomagnetismo, meteorologia, prospecção geofísica e outros.

Universidade de Brasília

Instituto de Geociências

- Número de docentes: 32, dos quais 21 com titulação de doutor.

- Equipamentos principais: microssonda eletrônica, difração de raios X, sensoriamento remoto (Sitim e SIG), observatório sismológico, laboratórios de análises geoquímicas, microscopia óptica, inclusões fluidas e outros.

5. Cursos de graduação em ciências da Terra no Brasil

Segundo o censo educacional sobre ensino superior de 1991, do Ministério da Educação, existem, no Brasil, 18 cursos de geologia, seis de meteorologia, e dois de oceanologia, além de dois de geofísica, um deles iniciado em 1992. Por outro lado, o documento relaciona 155 cursos de geografia que, embora direcionados preferencialmente para a geografia humana, incluem programas de ensino em geografia física. Por sua vez, não cabe discutir neste trabalho cursos de graduação que abrangem importantes atividades geocientíficas, como é o caso dos cursos de engenharia de minas, engenharia cartográfica, agronomia etc.

Da tabela 1 constam os cursos de graduação existentes na área, localizados nas mais diversas regiões do país, com dados sobre os alunos matriculados no início de 1991 e os que se formaram em 1990. Fica claro que o tempo médio de residência dos alunos nos cursos é maior do que o ideal (cinco anos no caso dos cursos de geologia e quatro anos nos demais). Além disso, há uma grande evasão na maioria desses cursos, o que explica o reduzido número de formandos em relação aos matriculados (cerca de 10%). O problema reside, em grande parte, na saturação do mercado de trabalho dos geólogos e nas possibilidades restritas nos campos de atuação dos geocientistas em geral. O problema se agrava em algumas regiões, com um número muito baixo de formandos em geologia nos cursos de Manaus, Fortaleza, Natal e Recife. O número de formandos em Belém, Salvador e Rio de Janeiro também é menor do que a média, enquanto apenas nos cursos de São Paulo, Minas Gerais, Cuiabá e Brasília o número de formandos é superior a 10% dos alunos.

Tabela 1
Cursos de graduação em geociências

Área	Alunos (abr. 1991)	Concluintes (1990)
Geologia		
UFRN - Natal, RN	104	5
UFCe - Fortaleza, CE	153	7
Unifor - Fortaleza, CE	15	13
Unam - Manaus, AM	73	1
UFPa - Belém, PA	240	13
UFPe - Recife, PE	37	3
UFBA - Salvador, BA	224	18
UFMG - Belo Horizonte, MG, e		
Ufop - Ouro Preto, MG	326	38
UFRJ - Rio de Janeiro, RJ, e		
UFRRJ - Itaguaí, RJ	239	16
Uerj - Rio de Janeiro, RJ	99	11
UnB - Brasília, DF	150	20
USP - São Paulo, SP, e		
Unesp - Rio Claro, SP	371	52
UFMT - Cuiabá, MT	105	15
UFPr - Curitiba, PR	113	13
UFRS - Porto Alegre, RS	180	18
Unisinos - São Leopoldo, RS	183	12
Total	*2.592*	*257*
Meteorologia		
UFPa - Belém, PA	125	8
UFPb - Campina Grande, PB	120	3
Ufal - Maceió, Al	60	1
UFRJ - Rio de Janeiro, RJ	97	2
USP - São Paulo, SP	76	7
UFPEL - Capão do Leão, RS	104	6
Total	*582*	*27*
Oceanologia		
UFRJ - Rio de Janeiro, RJ	120	11
UFRGr - Rio Grande, RS	210	40
Total	*330*	*51*
Geofísica		
UFBA - Salvador, BA (início em 1992)	–	–
USP - São Paulo, SP	40	3
Total	*40*	*3*

Na meteorologia, o número de alunos que concluem os curso é extremamente baixo. Na oceanologia, a ênfase dos dois cursos existentes recai sobre a oceanografia biológica, ficando a oceanografia física em posição subordinada. O curso de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, ao que parece, consegue manter fluxo regular entre ingressantes e formandos.

Nos cursos de graduação em geografia, a geografia física vem sendo mantida pela sua vinculação obrigatória com a geografia humana no estudo das influências do ambiente que afetam o homem. Prossegue, também, a tendência das últimas décadas, de os geógrafos se voltarem para a dimensão sociológica, ou seja, geografia agrária, industrial, urbana, planejamento e, recentemente, análise ambiental. Os cursos de geografia existentes no país (155) formam anualmente mais de 4 mil geógrafos ou licenciados em geografia, a grande maioria dos quais se dirige para o ensino pré-universitário.

Essa situação, constatada em 1991, não se modificou significativamente, e os campos de atuação e o mercado profissional continuam retraídos. Formam-se, anualmente, além dos já mencionados 4 mil geógrafos voltados para o ensino primário ou secundário, cerca de 250 geólogos, por volta de 30 meteorologistas, e cerca de 50 oceanólogos, a maioria atuando no setor biológico da oceanografia.

6. Formação de recursos humanos nas geociências

A tabela 2 contém dados sobre os cursos de pós-graduação em geociências do país, em um total de 29 programas implantados nos últimos 25 anos em quase todas as principais instituições de ensino e pesquisa do país, segundo informações da Capes relativas ao biênio 1990/91.

A implantação dos cursos de pós-graduação, no fim da década de 60, foi uma conseqüência da reforma universitária, que instaurou as bases para a institucionalização de mecanismos de formação de recursos humanos e montagem de uma infra-estrutura de pós-graduação. As datas que constam da tabela 2 como o início dos programas de mestrado e doutorado são as da última reformulação efetuada em cada curso e que resultaram na sua estrutura atual. Por exemplo, os programas em geociências do IG-USP (recursos minerais e hidrogeologia, geoquímica e geotectônica, e geologia sedimentar) tiveram início em 1986, a partir de programas anteriores estabelecidos em 1970, precedidos, por sua vez, pelos doutorados em ciência que existiam há várias décadas na Universidade de São Paulo.

Tabela 2

Cursos de pós-graduação em geociências

IES	Curso	Início curso		Número docentes doutores em 1991		Alunos em 1991		Titulados em 1991	
		M	D			M	D	M	D
UFPa	C. geofísicas e geológicas	73	79	30	20	77	26	19	1
UFPb	Meteorologia	78		19	6	19		4	
UFPe	Geociências	73		17	14	22		7	
UFBA	Geologia	76		16	12	29		6	
	Geociências	70		25	18	42		7	
	Geofísica	69	72	9	9	32	13	5	2
UFRJ	Geologia	68	68	29	19	81	8	10	1
UFF	Geociências	72		20	17	34	4	10	
UFMG	Geologia	88		14	14	20		3	
Ufop	Geologia	84		11	4	11	6		
USP-IG	Geociências (Min./petrologia)	70	70	14	14	31	32	2	1
USP-IO	Oceanografia	72	83	12	12	28	7	3	1
USP-IAG	Geofísica	75	79	14	13	14	16	1	1
USP-IAG	Meteorologia	84	84	13	5	29	5	7	1
USP-IG	Geociências (Rec. min./hidro)	86	86	17	17	30	20	3	2
USP-IG	Geociências (Geoq./geotéc.)	86	86	16	16	24	41	7	5
USP-IG	Geociências (Geol. sedim.)	86	86	10	10	19	25	6	1
USP-FFLCH	Geografia física	71	71	12	12	75	48	7	5
Unicamp	Geociências	83		14	14	42		9	
Unesp-RC	Geociências (G. regional)	86	86	24	24	32	21	9	3
Unesp-RC	Geografia (Org. espaço)	77	83	24	24	43	20	10	5
Unesp-RC	Geociências (A. ambiental)	86	86	25	25	35	26	4	1
Inpe	Meteorologia	68	74	32	23	14	10	12	
Inpe	Sens. remoto	72		50	34	52		9	
UFPr	C. Geodésicas	71	83	20	8	38	8		
UFRGS	Geociências	68	68	29	27	60	39	14	4
UFRGS	Sens. remoto	90		11	9	16			
UnB	Geologia	75	88	20	18	31	17	9	
Total				547	438	980	378	197	34

Obs.: IES = instituição de ensino superior; M = mestrado; D = doutorado.

Vinculam-se de modo permanente aos programas de pós-graduação 547 docentes, dos quais cerca de 80% com titulação de doutor em ciências ou equivalente.

Em dezembro de 1991, o sistema se compunha de 980 alunos de mestrado e 378 de doutorado. Foram titulados, naquele ano, 197 mestres e 34 doutores, um resultado precário quando se leva em conta que, em conjunto, os programas de mestrado oferecem cerca de 300 vagas, e os programas de doutorado, cerca de 100 vagas. Tendo em vista que, na pós-graduação, a evasão não costuma ser muito grande, percebe-se que o alunado está crescendo, acarretando a saturação da capacidade de orientação em alguns programas, como é o caso do curso de geografia física da FFLCH da USP, em que a relação aluno/professor ultrapassa 10.

Os programas de mestrado têm formado anualmente cerca de 15-20% do total de alunos, o que corresponde a um tempo médio de residência do aluno no sistema de cinco a seis anos, excessivamente longo (na realidade, o dobro do tempo máximo de duração de uma bolsa de mestrado da Capes ou do CNPq). Os números são ainda mais desfavoráveis quando se examina a relação entre titulados e alunos matriculados que, no caso do doutorado, não chega a 10%. Segundo dados da Capes, a duração dos doutorados em geociências no Brasil excede, em praticamente todos os casos, 60 meses. As empresas brasileiras do setor mineral pouco contribuem para a formação de recursos humanos, com exceção da já mencionada Petrobras, através de sua colaboração com diversas universidades brasileiras. Em especial, ela mantém convênios para favorecer cursos de mestrado ou doutorado com a UFBA, a UFPa, a Ufop, a UFRGS e a Unicamp. Estes cursos têm conseguido elevado padrão de eficiência, e a empresa tem usufruído deles para a formação adequada de seu pessoal técnico, o que tem contribuído para o seu bom desempenho tecnológico dentro e fora do país.

7. Produção científica

A componente fortemente regional das geociências faz com que a maioria dos trabalhos da área seja publicada em revistas brasileiras. Muitos dos trabalhos de pesquisa realizados por docentes, estudantes de pós-graduação e profissionais da área são apresentados em reuniões científicas regionais, em congressos nacionais das sociedades científicas brasileiras, como a Sociedade Brasileira de Geologia e as congêneres de geofísica e de meteorologia, ou em associações mais especializadas, como as de geoquímica, paleontologia, estudos do quaternário, águas subterrâneas e geologia de engenharia. Por isso mesmo, uma grande parte da produção científica nacional é documentada por boletins de resumos ou anais de congressos e reuniões científicas análogas. Por essa razão, a produção científica convencional em revistas arbitradas e editadas de forma contínua, nacionais ou internacionais, é muito reduzida.

O indicador *produção científica* é crítico para a pós-graduação na área de geociências, justamente por não levar em consideração as publicações de congressos e reuniões científicas, mas apenas o total de artigos publicados em revistas (nacionais e internacionais), resultando em valores geralmente muito baixos. Com poucas exceções, quase todas as instituições pesquisadas em 1990 e 1991 publicaram menos de um artigo por ano e por docente, chegando algumas delas a 0,0 e 0,3 artigo publicado por ano e por docente. Entre as poucas exceções estão os cursos de pós-graduação da USP e da Unesp, o de geofísica da UFBA, o de geoquímica da UFF, e os cursos de geologia da UnB e da UFRS, com um, ou pouco mais de um artigo, publicado por ano e por docente, índice apenas aceitável em uma instituição cientificamente ativa.

Por outro lado, se forem computados os trabalhos publicados em conexão com reuniões científicas, congressos e similares — regionais, nacionais ou internacionais —, os indicadores de produtividade melhoram significativamente, e os valores médios por vezes duplicam e, em certos casos, triplicam.

A situação se torna mais crítica quando se considera apenas as principais revistas científicas internacionais submetidas previamente às avaliações críticas de cientistas de renome. Através da Superintendência de Desenvolvimento Científico do CNPq, tivemos acesso a um banco de dados sobre a produção científica publicada nas principais revistas internacionais para o período 1988-91. Selecionando as publicações consideradas como as mais relevantes para as ciências da Terra, assinadas pelas melhores bibliotecas de geociências do país, e onde eventualmente são publicados trabalhos de cientistas brasileiros, tentamos identificar artigos de pesquisadores vinculados a instituições nacionais, quer como autores, quer como co-autores.

Os números são alarmantes. Grande parte de instituições de ensino e pesquisa do país simplesmente não publica nas principais revistas internacionais. Algumas instituições, como a UnB, a UFPa, a UFRS, a Unicamp, a UFRN, a UFRJ e a Unesp-Rio Claro, publicam cerca de um ou dois trabalhos por ano naquelas revistas. Mesmo as instituições que aparentemente mais publicam internacionalmente, como a UFBA, a USP e o Inpe, ainda publicam pouco quando se leva em consideração o número de docentes qualificados. A relação entre o número de publicações e o de docentes titulados é de 0,56 para a UFBA, 0,38 para o IG/USP, 0,48 para o IAG/USP, e 0,21 para o Inpe, para um período de quatro anos.

Na medida em que essas publicações são os principais veículos da produção científica nas ciências da Terra, fica claro que a participação brasileira na comunidade internacional é extremamente baixa e, em nossa opinião, incompatível com a qualificação científica e a maturidade já atingidas em certos segmentos da área. Como corolário, os dados geocientíficos a respeito do Brasil são muito escassos na comunidade internacional. Os geocientistas brasileiros preferem divulgar e discutir suas pesquisas em casa, nas revistas e nos congressos locais, e com isto as geociências brasileiras têm pouquíssima visibilidade na comunidade internacional, a não ser em casos raros e, quase sempre, quando isso envolve a colaboração com instituições estrangeiras.

8. As geociências brasileiras no plano internacional

Em razão do desenvolvimento muito recente das geociências no Brasil, o próprio conhecimento geocientífico do território brasileiro ainda é bastante incompleto para os padrões atuais, e bem menor do que o de outros países de extensão territorial similar. Uma comparação com o número de geólogos ou de profissionais equivalentes existente por volta de 1990 nos EUA, Canadá, Austrália, China e a ex-URSS, todos eles — com exceção da ex-URSS — com territórios de dimensão comparável à do Brasil, revela uma enorme disparidade quanto à densidade de profissionais. No Brasil, existe apenas um geólogo para cada 20 mil habitantes, quando a média geral, no caso dos Estados Unidos, da ex-URSS e da China é da ordem de um para cada dois ou três mil habitantes. Mais ainda, nos países de vocação mineira, com muitos e variados depósitos minerais em exploração, como a Austrália e o Canadá (e como deveria ser o caso do Brasil), a relação desce para um em 800 ou mil habitantes, significando que estes países possuem cerca de 20 vezes mais profissionais do que o Brasil. A disparidade é ainda maior no caso de alguns campos das geociências menos evoluídos no Brasil, como o da geofísica ou o da oceanografia física, em que o número de cientistas ou profissionais ativos nas poucas instituições brasileiras é muito baixo.

Em conseqüência do pequeno número de profissionais nas geociências, o conhecimento geológico, geofísico, meteorológico e oceanográfico do território brasileiro ainda está muito atrasado. Na escala continental, de reconhecimento, o desenvolvimento e utilização intensiva do sensoriamento remoto pelo Inpe nas três últimas décadas fazem com que os dados existentes sejam razoáveis. No nível do conhecimento regional ou local, entretanto, o território nacional encontra-se virtualmente inexplorado, em enorme defasagem com relação a países desenvolvidos como a Austrália ou o Canadá. Grandes extensões territoriais, como é o caso da região amazônica inteira, são praticamente desconhecidas, e os mapas geológicos existentes não vão além da escala ao milionésimo.

Como conseqüência do relativo atraso no desenvolvimento geocientífico brasileiro existem poucas publicações sobre a temática nacional. Além disso, elas são pouco visíveis na comunidade científica internacional. Acresce que, em função da baixa produção científica em revistas internacionais, a comunidade internacional tem pouquíssima informação sobre os resultados das pesquisas geocientíficas brasileiras, o que estimula a dependência científica que perdura há várias décadas em relação a geocientistas de países desenvolvidos que constantemente vêm ao Brasil em programas de colaboração bilateral, atraídos por temáticas diversas de grande interesse para o desenvolvimento das ciências da Terra. Com isso, muitos artigos científicos são elaborados em co-autoria com geocientistas estrangeiros. Se, por um lado, trata-se de um intercâmbio científico em que muito tem a ganhar a parte brasileira por outro, freqüentemente o mérito do trabalho e os seus dividendos são contabilizados para os pesquisadores de instituições do Primeiro Mundo, independentemente do estágio já atingido pelas pesquisas

locais. São freqüentes, ainda, publicações científicas a respeito da temática regional brasileira assinadas apenas por autores estrangeiros, com eventual menção à colaboração de parceiros locais.

Nos últimos anos, a situação vem evoluindo lenta, mas gradativamente, para maior visibilidade e reconhecimento internacionais, com o aumento de publicações de autores brasileiros em revistas conceituadas, como resultado da modernização e amadurecimento de algumas instituições de ponta — acadêmicas ou não — como o Inpe, a USP, a UFBA, a Petrobras etc.

Por outro lado, nos meios geológicos, o Brasil atingiu um certo desenvolvimento técnico e profissional, que se reflete em publicações internas pouco ou nada visíveis no plano internacional, e que carreiam uma certa respeitabilidade, alcançada através de competência demonstrada em muitas áreas de ponta, como levantamentos temáticos por sensoriamento remoto, mapeamentos geológicos em áreas florestadas, prospecção de petróleo na plataforma continental, em águas profundas, pesquisas de geoquímica de superfície e de alteração de rochas, estudos de solos tropicais e lateritas etc.

9. Tendências futuras das geociências

De maneira semelhante ao que vem ocorrendo em outras áreas, as geociências vêm-se empenhando em se adaptar aos novos paradigmas deste final de século XX, onde ambiente e desenvolvimento são as palavras de ordem impostas pela sociedade moderna. O desenvolvimento sustentável e a utilização de tecnologias sadias para o ambiente exigem uma reestruturação profunda dos padrões da sociedade de consumo e uma oferta de vida decente para a população de todos os países do mundo.

Neste cenário, cabe um papel extremamente importante às ciências da Terra: em primeiro lugar, porque elas sempre estiveram envolvidas com a busca e gerenciamento de diversos tipos de recursos naturais, como insumos minerais, água subterrânea, combustíveis fósseis etc.; em seguida, porque ocupam posição central e integradora no conhecimento global do nosso planeta, fornecendo os elementos factuais a respeito da superfície da Terra, seus ambientes, relevo, solos, águas territoriais, climas, e os processos naturais que nela se instalam em decorrência de sua dinâmica (erosão, sedimentação, mudanças climáticas, vulcanismo, terremotos etc.).

A própria ação antrópica sobre o meio físico é intensa e cresce no tempo em proporção geométrica, acompanhando a expansão populacional. O homem tornou-se, ele próprio, um importante fator geológico na medida em que utiliza anualmente, em média, cerca de 10 ou 12t de matérias-primas minerais. O fluxo de material que corresponde a esses valores é da mesma ordem daquele movimentado pela tectônica de placas, ou seja, à somatória dos processos naturais associados à dinâmica interna do planeta e expressos por abalos sísmicos, erupções vulcânicas e efeitos relacionados.

Dados sobre o meio físico são essenciais em qualquer abordagem dos problemas sócio-econômicos globais ou de escala supranacional e justificam a existência de programas científicos internacionais de grande porte, como o International Geosphere-Biosphere Program (IGBP), ligado ao Conselho Internacional de Uniões Científicas (ICSU), a Década Internacional de Redução de Desastres Naturais, das Nações Unidas, o World Climate Research Programme, da Organização Meteorológica Mundial, e o International Geological Correlation Program, da Unesco em colaboração com a União Internacional de Ciências Geológicas.

Apesar disso, as ciências da Terra não têm uma visibilidade compatível com a sua importância no âmbito da sociedade. A educação pré-universitária praticamente não inclui elementos das geociências, a não ser em países com vocação mineira ou sujeitos a algum tipo de desastre natural. Com isto, as ciências da Terra não fazem parte da cultura popular, em contraste com as ciências biológicas, físicas, químicas e matemáticas, e a atuação de geólogos, geofísicos, meteorologistas etc. não é reconhecida como origem de benefícios sociais importantes.

Na medida em que a questão ambiental tornou-se uma das preocupações maiores da humanidade, as ciências da Terra e, em particular, a geologia e a geofísica têm sofrido muitas críticas pelo fato de estarem associadas à procura e exploração de bens minerais, e sido denunciadas como potencialmente prejudiciais ao ambiente. É sintomático que a partir da década de 80 a mineração tenha sofrido uma forte recessão, com a redução da utilização de insumos minerais nos países industrializados (através de reciclagem e da substituição por novos materiais), a queda de seus preços, a redução de atividades e dos orçamentos das empresas do setor mineral, e o conseqüente desemprego de inúmeros profissionais das geociências.

A crise do setor mineral, de caráter mundial, perdura nos anos 90 e, no Brasil, é agravada pela difícil situação econômica nacional, que leva a uma retração dos grandes investimentos governamentais. Tradicionalmente, o setor mineral, no Brasil, tem sido considerado de importância estratégica, e as maiores empresas da área são estatais: caso da Petrobras, Vale do Rio Doce, CPRM, CBPM, Metago, Metamig etc. Como a prospecção mineral é de alto risco e de retorno eventual e de longo prazo, são poucas as empresas privadas de capital nacional que atuam no setor. Mesmo nestas últimas, os investimentos se reduziram bastante. Empresas estrangeiras ou multinacionais também pouco atuam, por dois motivos principais: o conjunto de leis em vigor, de cunho nacionalista, dificulta seu desenvolvimento, e a situação de permanente instabilidade econômica aumenta sensivelmente os riscos para investimentos de grande porte.

Fica evidente a necessidade de os cientistas e profissionais das geociências se mobilizarem, inicialmente, para superarem os diferentes problemas de visibilidade na sociedade e de crise no setor mineral e, em seguida, para adquirirem uma nova identidade, mais sintonizada com as aspirações da sociedade em que estão

inseridos. Em uma visão prospectiva, em quatro ou cinco décadas, a população mundial deverá atingir 10 ou 11 bilhões de pessoas, e a capacidade de suporte de nosso planeta estará próxima de seu limite. A demanda de matérias-primas naturais será crescente, assegurando aos cientistas e profissionais das ciências da Terra do futuro um papel de grande importância na busca e no gerenciamento desses recursos. Mais ainda, os geocientistas do futuro deverão aperfeiçoar suas funções de curadores, de guardiães da natureza, cabendo a eles, além do exercício de suas atividades técnicas específicas, zelar para que as instituições e empresas incluam em suas equações de custo-benefício todas as ações necessárias para evitar ou reduzir ao mínimo os impactos sobre a natureza, desenvolvendo explorações não-predatórias e que não impliquem degradação ambiental.

Existem pelo menos três tendências visíveis nas ciências da Terra do presente, e que, seguramente, serão desenvolvidas nas próximas décadas: quantificação, busca do subsolo e busca da interdisciplinaridade.

Quantificação

Embora a geofísica e a meteorologia já utilizassem em grande escala a linguagem matemática em suas atividades, nos últimos tempos, a aplicação da informática levou outros campos, como a geologia, a oceanografia e a própria geografia, a uma crescente quantificação, através da utilização de técnicas de geomatemática e geoestatística, bancos de dados de diversas temáticas, sistemas de informação geográfica (GIS), sensoriamento remoto, cartografia digital, simulações e modelagens dos processos geológicos, geofísicos, meteorológicos, na tentativa de descrever realisticamente a natureza e evolução de nosso planeta, configurando uma evolução setorial compatível com as mais modernas e avançadas tecnologias.

Busca do subsolo

Deverão prosseguir com grande vigor os estudos da superfície terrestre, da hidrosfera e da atmosfera, com o objetivo de conhecer melhor os processos naturais que governam as mudanças de nosso planeta, incluindo aí modelagens cada vez mais complexas e realísticas da circulação atmosférica e oceânica. Por outro lado, com os recentes progressos do sensoriamento remoto, virtualmente se esgotaram as possibilidades de descoberta de novos recursos minerais ou energéticos na superfície ou próximo dela. Desta forma, já se reconhece a necessidade do mapeamento tridimensional, de subsuperfície, em que geólogos e geofísicos deverão cooperar em associação íntima na obtenção de uma linguagem comum e de um completo entendimento mútuo para otimizar o gerenciamento dos recursos do subsolo, sejam eles depósitos minerais, jazidas de combustíveis fósseis ou água subterrânea.

Busca da interdisciplinaridade

Esta é uma tendência dominante em todos os campos científicos e tecnológicos, tendo em vista o tratamento holístico necessário aos problemas de escala global, em especial daqueles ligados à questão ambiental. Os desafios existentes transcendem os limites das jurisdições nacionais, e as decisões políticas a respeito de gerenciamento dos recursos naturais, do planejamento do uso e ocupação da terra tornam-se extremamente delicadas em função da interdependência de inúmeros fatores científico-tecnológicos e sócio-econômicos. Nesse contexto, torna-se essencial a participação ativa dos geocientistas e profissionais análogos, em virtude de sua própria formação — que inclui fortes elementos regionais —, ao lado do conhecimento dos processos naturais que atuam sobre a dinâmica local, importante para o entendimento global do ambiente.

10. Recomendações para o desenvolvimento setorial

Pelo exposto, em uma estimativa global, o Brasil não dispõe de mais de mil pesquisadores das ciências da Terra vinculados a instituições acadêmicas, dos quais apenas cerca da metade tem título de doutor ou equivalente. O número de profissionais atuantes na área de geociências, em sua grande maioria geólogos, é da ordem de 8 mil, o que, em proporção à população brasileira, equivale a um coeficiente bem inferior ao de países, desenvolvidos ou não, com territórios de dimensões similares. A qualificação dos geocientistas nacionais é compatível com os padrões internacionais, com experiência reconhecida em várias atividades práticas de cunho regional, como mapeamentos geológicos e levantamentos geofísicos em regiões tropicais, pesquisa e gerenciamento de água subterrânea, interpretação integrada de imagens de radar e de sensoriamento remoto.

Na área acadêmica, as ciências da Terra padecem dos problemas comuns à ciência e tecnologia brasileiras, quais sejam, os baixos investimentos globais, atualmente da ordem de 0,7 % do PNB, e a instabilidade institucional. Por outro lado, os fatos de a comunidade geocientífica brasileira ser relativamente pequena e de que as ciências da Terra vêm sendo adequadamente contempladas pelo PADCT contribuíram para que as instituições científicas setoriais estejam mais do que razoavelmente equipadas. Além disso, a grande maioria dos grupos de pesquisadores ativos, com projetos de pesquisa de bom nível, vem conseguindo obter, junto às agências financiadoras do país (CNPq, Finep, Fapesp e outras), recursos para a execução de suas pesquisas.

Quanto aos aspectos profissionais, é inegável que, no Brasil, o número de geólogos e meteorologistas em atividades técnico-científicas é extremamente baixo, com uma quantidade também irrisória de geofísicos e oceanógrafos, face às necessidades básicas do país. Contudo, a solução do problema não passa por um aumento imediato do número de cientistas e profissionais da área, visto que o mercado de trabalho está saturado e a taxa de desemprego é elevada.

É necessário um planejamento nacional global, com a definição clara de metas factíveis e de cronogramas exeqüíveis, e a elaboração de leis que viabilizem sua implementação. Os comentários que se seguem são estritamente pessoais, e oferecidos a título de contribuição para possíveis discussões futuras a respeito da evolução do setor mineral brasileiro e de sua relação com o desenvolvimento das geociências.

É preciso considerar, de início, a regionalidade dos recursos minerais. Cada jazida é específica e diferente das demais. Daí decorre que, na indústria mineral, não se pode operar normalmente com transferência de tecnologia pura e simples, como em outras atividades industriais, e a componente de ciência e tecnologia tem um papel essencial no aproveitamento racional dos recursos e na produção de bens de maior valor agregado. Portanto, o desenvolvimento das técnicas e procedimentos adequados deve ser ajustado às características de cada jazida. No caso do Brasil, por ser um país de baixa latitude e de clima tropical, suas jazidas são sempre muito influenciadas por processos intempéricos e pela alteração de rochas. Muitos de seus recursos minerais, como bauxita, fosfatos, nióbio, anatásio, caulim e outros, são verdadeiras jazidas de intemperismo, com minérios de origem supérgena, que não são comuns nos países de regiões temperadas. Estudos específicos para o melhor conhecimento desses materiais e de tecnologias orientadas para maximizar o seu aproveitamento têm sido raros, merecendo essa área uma atenção maior no futuro.

Em relação aos recursos energéticos, especialmente o petróleo, sua pesquisa e lavra constituem monopólio da União, garantido pelo art. 177 da Constituição brasileira, e exercido através da Petrobras. Em princípio, entendemos que, em um mundo altamente competitivo, quaisquer monopólios trazem em seu bojo graves desvantagens, entre elas a tendência à acomodação, à perda de eficiência e ao corporativismo. Não parece ser esse o caso da Petrobras que, ao contrário, vem conseguindo excelente competitividade no plano internacional, como detentora de tecnologia de ponta na prospecção e extração de petróleo de águas profundas, atuando, presentemente, como parceira de outras companhias petrolíferas nas atividades de exploração do mar do Norte. A Petrobras tem-se mostrado extremamente séria e determinada na busca de desenvolvimento tecnológico, como demonstram os resultados das pesquisas realizadas tanto pelo Depex quanto pelo Cenpes, que colocam a empresa em vantagem até mesmo em relação às instituições universitárias brasileiras no tocante à produção científica internacional.

Por outro lado, o Brasil ainda não é auto-suficiente em petróleo e sua compra continua onerando pesadamente a pauta de importações. Ao conferir prioridade aos recursos disponíveis, a Petrobras está conseguindo desenvolver adequadamente sua produção e suas reservas nas bacias sedimentares da plataforma continental como a de Campos e outras. Entretanto, face à imensidão do território brasileiro, a empresa não tem conseguido dar andamento às operações de prospecção necessárias para explorar de forma adequada e em prazo relativamente curto todas as regiões do Brasil com algum potencial petrolífero.

A curto prazo, é evidente que o país não tem condições de arcar com os enormes investimentos de alto risco envolvidos na prospecção petrolífera e na prospecção mineral em geral. A saída poderá ser atrair investimentos estrangeiros em condições controladas, o que, no entanto, requer a revisão de toda a legislação sobre o setor mineral e até algumas modificações na Constituição de 1988 que, nessa matéria, é profundamente inadequada. Em seu artigo 176, a Constituição diz claramente que a pesquisa e a lavra de recursos minerais somente poderão ser realizadas por brasileiros ou por empresa brasileira de capital nacional, o que acaba atendendo a interesses corporativos "nacionalistas", em um contexto xenófobo. Mais ainda, em seu art. 174, §§ 3 e 4, favorece as atividades garimpeiras, dando-lhes inclusive prioridade na autorização ou concessão para determinadas jazidas de minerais garimpáveis.

O garimpo representa o mais importante problema ambiental gerado no setor mineral, especialmente no Brasil e na região amazônica, em razão do empirismo das técnicas empregadas e da contaminação do ambiente com mercúrio. A legislação deve ser adaptada à realidade da ação garimpeira, e os próprios garimpeiros conscientizados sobre os danos derivados de suas ações, dando-lhes oportunidade de transformar suas atividades em ações cooperativas ou em microempresas, ou, até mesmo, de migrar para atividades alternativas, como a agricultura.

Entre os principais problemas do setor mineral alinham-se a falta de capital nacional público ou privado para grandes investimentos, e a saída já mencionada seria a atração de investimentos estrangeiros, através de concessões controladas, contratos de risco ou *joint ventures*. Esses instrumentos foram, ou estão sendo, implementados por países da própria América Latina, como a Argentina e a Bolívia, para substituir situações de monopólio estatal, e por países como a Rússia e a China, na tentativa de reestruturar suas economias. Entendemos que uma estratégia de revitalização do setor mineral seria importante no sentido de recuperar a vocação mineira do país, condicionada pela extensão territorial e pela diversidade dos terrenos que compõem o solo brasileiro. Como já foi assinalado aqui, grande parte do Brasil não é conhecida, ou mal conhecida, permanecendo intacto seu potencial mineral. Ao mesmo tempo, diversas jazidas já conhecidas aguardam os investimentos necessários ao seu desenvolvimento, e muitas ocorrências já descobertas esperam pelas pesquisas necessárias para se tornarem jazidas.

A estrutura do Ministério das Minas e Energia, baseada no DNPM/CPRM, não tem tido, nos últimos 10 ou 12 anos, condições para implementar ações de fomento efetivas no setor mineral, muito menos para dar continuidade aos levantamentos básicos necessários para o conhecimento do território, e menos ainda para controlar adequadamente as atividades de mineração, em especial as de garimpo. Nossa recomendação é que o sistema seja revitalizado, com a implantação de um verdadeiro serviço geológico nacional, conforme estudos já realizados há vários anos, e com o aproveitamento da estrutura existente da CPRM.

No caso da meteorologia, alguns investimentos significativos já foram efetuados, para modernizar as operações no nível regional, faltando basicamente

melhor coordenação nacional. A solução evidente seria organizar um sistema nacional de meteorologia, cujos objetivos principais poderiam ser a otimização do uso e captação de dados meteorológicos, e o atendimento adequado dos usuários, na agricultura, nos transportes aéreos, fluviais e marítimos, na defesa civil, no gerenciamento dos recursos hídricos e no combate à poluição atmosférica.

As sugestões feitas — revisão e adaptação das leis existentes visando a uma nova estratégia de incentivo do setor mineral e à revitalização do sistema DNPM/CPRM e sua transformação em serviço geológico, nos moldes do que já existe nos países industrializados — seriam suficientes para o aquecimento do setor mineral e para melhorar seu desempenho em termos de divisas para o país.

Tendo em vista a população do país e sua dimensão territorial, o número de geólogos deveria ser bem maior, e os 19 cursos de graduação em geologia em funcionamento têm capacidade para fazer frente a uma demanda crescente de profissionais. Esse não é o caso, contudo, da geofísica, onde faltam cursos de graduação apropriados. Com relação à pós-graduação, os cursos existentes estão longe da saturação. Se houver necessidade e recursos, esses cursos têm condição de ser ampliados a curto prazo, dada a existência de pesquisadores com doutorado (ou quase) e de bolsistas ou ex-bolsistas sem vínculo de trabalho nas instituições em que estudam ou estudaram e que, no momento, estão fora do mercado de trabalho, podendo ser absorvidos como professores e orientadores.